

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-43825

(43) 公開日 平成8年(1996)2月16日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1337	5 0 0		
	1/1335	5 1 0		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-175519

(22) 出願日 平成6年(1994)7月27日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 小池 善郎

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 露木 俊

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 大室 克文

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

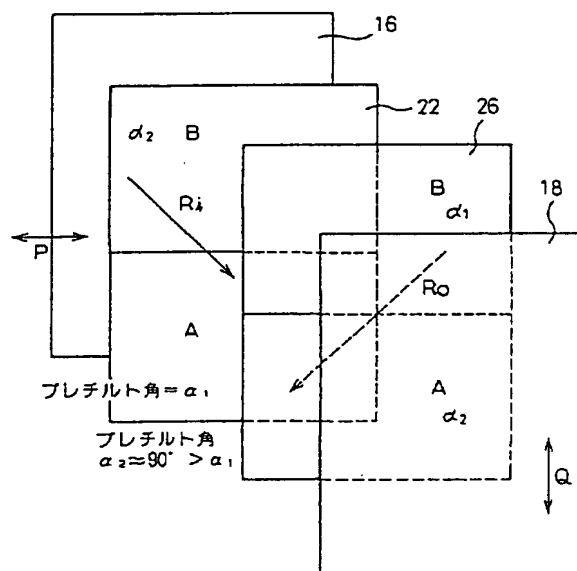
(54) 【発明の名称】 液晶表示パネル

(57) 【要約】

【目的】 液晶表示パネルに関し、コントラスト及び視角特性の優れた垂直配向型のTN液晶表示パネルを提供することを目的とする。

【構成】 一対の基板の間に液晶が挟持され、該基板にはそれぞれ垂直配向膜22、26が設けられ、該一対の基板の配向膜には液晶が90度ツイストするようにラビングが行われており、該配向膜が、視角特性の180度異なるドメインに分割された多数の微小な領域からなり、さらに、該一対の基板の外側には偏光子16及び検光子18が配置され、該偏光子及び検光子は透過軸が該配向膜のラビング方向に対してほぼ45度の角度を形成するように配置された構成とする。

本発明の実施例を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の基板（12、14）の間に液晶（10）が挟持され、該基板にはそれぞれ垂直配向膜（22、26）が設けられ、該一対の基板の配向膜には液晶がツイストするようにラビング又は配向処理が行われており、該配向膜が、視角特性の異なるドメインに分割された多数の微小な領域からなり、さらに、該一対の基板の外側には偏光子（16）及び検光子（18）が配置され、該偏光子及び検光子は透過軸が該配向膜のラビング方向に対してほぼ 45 度の角度を形成するように配置されていることを特徴とする液晶表示パネル。

【請求項 2】 該配向膜のラビング方向が水平に対してほぼ 45 度の方向であり、該偏光子及び検光子の透過軸が水平及び垂直、又は垂直又は水平の方向であることを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示パネル。

【請求項 3】 厚さ方向に負の複屈折異方性を有するフィルム（40）が付加されていることを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示パネル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は液晶表示パネルに関し、特に垂直配向型の TN 液晶表示パネルに関する。

【0002】

【従来の技術】 液晶表示装置は薄型、軽量で、表示品質も高いことから、CRT に代わる表示装置として注目されている。液晶表示装置は液晶を封入した一対の透明な基板と、これらの基板の外側に配置された偏光子及び検光子とからなる液晶表示パネルを含む。これらの基板の内面にはそれぞれ透明電極及び配向膜が設けられている。配向膜には一般に液晶が 90 度回転するようにラビングが行われている。

【0003】 TN 液晶表示パネルでは、電圧を印加しないときには液晶分子は基板面にほぼ平行に配向しており、両基板の間で 90 度ツイストするようになっている。電圧を印加すると液晶分子はラビング方向に従って基板面に対して所定方向に立ち上がる。このようにして、光の透過率が両状態の間で変化することにより明暗が生じ、画像を形成する。

【0004】 一方、垂直配向型の TN 液晶表示パネルでは、垂直配向膜が使用され、電圧を印加しないときには液晶分子は基板面にほぼ垂直に配向しており、電圧を印加すると液晶分子は基板面に対して倒れてラビング方向に従ってツイストするようになっている。

【0005】 例えば、図 10 及び図 11 は垂直配向型の TN 液晶表示パネルの一例を示している。これらの図において、液晶表示パネルは、液晶 10 を封入した一対の透明な基板 12、14 と、これらの基板 12、14 の外側に配置された偏光子 16 及び検光子 18 とからなる。これらの基板 12、14 の内面にはそれぞれ透明電極及び垂直配向膜（図示せず）が設けられている。

【0006】 光は矢印で示される方向から液晶表示パネルに入射するようになっている。光入射側の基板 12 の配向膜には矢印 R_i で示す方向にラビングが行われ、光出射側の基板 14 の配向膜には矢印 R_o で示す方向にラビングが行われている。さらに、偏光子 16 及び検光子 18 はそれぞれ矢印 P 及び Q で示された偏光の透過軸を有する。偏光子 16 及び検光子 18 の透過軸はラビング方向に対して平行又は垂直である。

【0007】 図 10 は電圧不印加時を示し、液晶分子は基板面にほぼ垂直に配向している。この状態では、偏光子 16 から入射した光はほぼそのまま液晶 10 を透過する。図示の例では、偏光子 16 及び検光子 18 の透過軸は直交するように配置されているので、液晶 10 を透過した光は検光子 18 によって遮断される（ノーマリブラックモード）。もし偏光子 16 及び検光子 18 の透過軸が平行に配置されているとき、液晶 10 を透過した光は検光子 18 を透過する（ノーマリホワイトモード）。図 11 は電圧印加時を示し、液晶分子は基板面に対して倒れてラビング方向に従ってツイストする。従って、ノーマリブラックモードの場合では光が検光子 18 を透過し、ノーマリホワイトモードの場合では光が検光子 18 によって遮断される。

【0008】 さらに、液晶表示装置では、画面を見る人の位置により視角特性が変わることが知られている。例えば、垂直に置かれた画面を正面から（画面の法線方向から）見る場合にはコントラストの良い画像を見ることができるが、同画面を法線方向よりも上方向から見る場合には白っぽく見え、同じ画面を下方向から見る場合には黒っぽく見えることがある。このような視角特性は配向膜のラビング方向、つまり液晶分子のツイスト方向および傾き方向に従って生じることが知られている。

【0009】 このような視角特性を改善するために、画素分割（特に配向分割）が提案されている。画素分割とは、画素に相当する微小な領域を 2 つの視角特性の 180 度異なるドメインに分割することである。すなわち、1 画素内の第 1 のドメインにおいては、垂直に置かれた画面を上方向から見る場合には白っぽく見える特性が現れるようにし、同画素内の第 2 のドメインにおいては、同じ画面を下方向から見る場合には黒っぽく見える特性が現れるようにし、よって同画素はこれらのドメインの特性の平均的な特性を備え、白っぽくもなく、黒っぽくもないようにする。画素分割は、単純には、配向膜にマスクをしてラビングすることによって実施される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 図 12 は、図 10 及び図 11 の液晶表示パネルに画素分割をほどこして、印加電圧と透過光強度との関係を調べた結果を示す図である。この図は、画面を法線方向から見る場合にはコントラストの良い画像を得ることができるが、同画面を上又は下方向 40 度の角度で見る場合にはコントラストが低下す

ることを示している。従って、垂直配向型のTN液晶表示パネルにおいては、さらに視角特性の改善が求められている。

【0011】本発明の目的は、さらにコントラスト及び視角特性の優れた垂直配向型のTN液晶表示パネルを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による液晶表示パネルは、一対の基板12、14の間に液晶10が挟持され、該基板にはそれぞれ垂直配向膜22、26が設けられ、該一対の基板の配向膜には液晶がツイストするようにラビング又は配向処理が行われており、該配向膜が、視角特性の異なるドメインに分割された多数の微小な領域からなり、さらに、該一対の基板の外側には偏光子16及び検光子18が配置され、該偏光子及び検光子は透過軸が該配向膜のラビング方向に対してほぼ45度の角度を形成するように配置されていることを特徴とする。

【0013】

【作用】垂直配向型のTN液晶表示パネルにおいては、電圧不印加時には液晶分子は基板面にほぼ垂直に配向しているので、偏光子から入射した光はほぼそのまま液晶を透過し、偏光子と検光子の透過軸が直交配置か又は垂直配置かに従って、液晶を透過した光は検光子によって遮断され、あるいは検光子を透過する。電圧印加時には、液晶分子は基板面に対して倒れてラビング方向および液晶自体のらせん能に従ってツイストし、偏光子から入射した光は液晶のツイストに従って液晶を透過する。

【0014】ただし、垂直配向型のTN液晶表示パネルにおいては、両基板の間の液晶分子が全て同じように倒れてツイストするのではなく、基板の近傍の液晶分子は垂直配向膜の影響を受けて倒れにくく、両基板の間の中間部にある液晶分子は配向膜の影響を受けにくいのでより大きく倒れる。従って、電圧印加時の液晶の光透過性は両基板の間の中間部にある液晶分子により依存する。

【0015】本発明においては、偏光子及び検光子は透過軸が該配向膜のラビング方向に対してほぼ45度の角度を形成するように配置されており、これは偏光子及び検光子の透過軸が両基板の間の中間部にある液晶分子の配列と平行又は直交するように配置されていることと同じである。従って、上下方向、左右方向の視角特性は、偏光子、検光子の直交関係が不変であるため極めて良いものとなる。さらに、本発明においては、配向膜が、視角特性の180度異なるドメインに分割された多数の微小な領域からなる。つまり、画素分割が行われており、視角特性もさらに向上する。

【0016】また、上記構成において、厚さ方向に負の複屈折異方性を有するフィルムが付加されていると、視角特性がさらに向上する。

【0017】

【実施例】図1から図3は、本発明による液晶表示パネ

ルの実施例を示す図である。この液晶表示パネルは、上記図10及び図11を参照して説明したように、垂直配向型のTN液晶表示パネルである。この液晶表示パネルは、液晶10を封入した一対の透明な基板12、14と、これらの基板12、14の外側に配置された偏光子16及び検光子18とからなる。一方の基板12の内面には透明電極20及び垂直配向膜22が設けられ、もう一方の基板14の内面には透明電極24及び垂直配向膜26が設けられる。透明電極20、24のうちの一方は、画素電極であり、且つ他方は共通電極である。画素電極はアクティブマトリクスによって駆動される。

【0018】垂直配向膜22、26は例えばJSR製のJALS-204であり、高い電圧保持特性を有する。また、液晶10は負の誘電異方性を有するメルク製のZLI-2806であり($\Delta\epsilon=-4.8$ 、 $\Delta n=0.0437$)、液晶が90度ツイストするのを促進するカイラル材CNを添加してある。従って、図2に示されるように、電圧不印加時には液晶分子は基板面にほぼ垂直に配向し、図3に示されるように、電圧印加時には液晶分子は基板面に対して倒れてラビング方向および液晶自体のらせん能に従ってツイストするようになる。

【0019】図1に示されるように、垂直配向膜22、26は画素分割してラビングされている。図1は表示画面のうちの1画素分に相当する微小な領域を示しており、この微小な領域が視角特性の180度異なるドメインA、Bに分割されている。図2及び図3においても、同様に、1画素分に相当する微小な領域が視角特性の180度異なるドメインA、Bに分割されている。

【0020】図2及び図3においては、ドメインAにおいては、垂直配向膜22は、この垂直配向膜22に接する液晶分子が基板面に対してプレチルト α_1 をなすようにラビング処理が行われており、対向する垂直配向膜26は、この垂直配向膜26に接する液晶分子が基板面に対してプレチルト α_2 をなすようにラビング処理が行われている。垂直配向膜22、26があるので、プレチルト α_1 、 α_2 は90度に近いが、 $\alpha_1 < \alpha_2$ の関係がある。その結果、電圧印加時には、両基板12、14の間の中間部の液晶分子は角度の小さいプレチルト α_1 に従って倒れる傾向がある(図3)。

【0021】隣接するドメインBにおいては、逆に、垂直配向膜22は、この垂直配向膜22に接する液晶分子が基板面に対してプレチルト α_2 をなすようにラビング処理が行われており、対向する垂直配向膜26は、この垂直配向膜26に接する液晶分子が基板面に対してプレチルト α_1 をなすようにラビング処理が行われている。この場合にも、プレチルト α_1 、 α_2 は90度に近いが、 $\alpha_1 < \alpha_2$ の関係がある。その結果、電圧印加時には、両基板12、14の間の中間部の液晶分子は角度の小さいプレチルト α_1 に従って倒れる傾向がある(図3)。

【0022】従って、例えばドメインAについて、法線方向よりも上方向から見る場合には白っぽく見え、下方向から見る場合には黒っぽく見えるとすると、逆に例えばドメインBについては、法線方向よりも上方向から見る場合には黒っぽく見え、下方向から見る場合には白っぽく見えるようになる。図1から図3においては、このように、1画素に相当する微小な領域が視角特性の180度異なるドメインA、Bに分割されているので、この微小な単位領域は両方の視角特性を平均した視角特性を示すようになり、視角特性が改善される。

【0023】このような画素分割を行うためには、各垂直配向膜22、26について、ドメインA、B毎に交互にプレチルト α_1 、 α_2 が現れるようにラビングする必要がある。このようなラビング処理の一例は、ドメインA又はBに相当する開口部を有するマスクを使用してラビングを行い、それから相補的な開口部を有するマスクを使用してラビングを行うことである。

【0024】また、ラビング処理の他の例は、垂直配向膜22、26をそれぞれ達成されるプレチルトが異なるような材料の2層構造にし、上方材料層にドメインA又はBに相当する開口部を設け、全体的にラビングすることである。すると、上方材料層の部分、及び上方材料層の開口部から露出した下方材料層の部分と同じ方向にラビングされるが、これらの各部分においては達成されるプレチルトが異なり、図2及び図3に示されるプレチルト特性が得られる。

【0025】また、ラビング処理のさらに他の例は、垂直配向膜22、26を1層の材料層で構成し、ラビングを行う前又は後に、ドメインA又はBに相当する開口部を設けたマスクを使用して紫外線照射を行い、ドメインA及びBのプレチルト特性を変えることである。

【0026】図4は、上記液晶材料及び配向膜材料を用いたときに、紫外線照射時間と達成されるプレチルト角度とが密接な関係を示すことを示しており、紫外線照射時間を調節することにより、ドメインA又はBに所望のプレチルト角度を設定することができる。図4では、紫外線照射時間が長くなるにつれてプレチルト角度が小さくなる傾向を示しているが、別の配向膜材料では、紫外線照射時間が長くなるにつれてプレチルト角度が大きくなるものもある(図16)。

【0027】図1においては、光入射側の基板12の配向膜22は矢印R_iで示される方向に一定のラビングがされているが、ラビングを行った後に、ドメインA又はBに相当する開口部を設けたマスクを使用して紫外線照射を行い、ドメインA及びBのプレチルト特性を変えている。つまり、図2及び図3に示されるように、配向膜22のドメインAにおいてはプレチルト α_1 が達成され、ドメインBにおいてはプレチルト α_2 が達成されるようにしている。同様に、光出射側の配向膜26は矢印R_oで示される方向に一定のラビングがされ、ドメイン

A又はBに相当する開口部を設けたマスクを使用して紫外線照射を行い、ドメインA及びBのプレチルト特性を変えている。矢印R_iと矢印R_oとは直交する。そして、配向膜22のプレチルト α_1 のドメインは、配向膜26のプレチルト α_2 のドメインと対向するように、配向膜22、26を配置する。

【0028】さらに、図1においては、偏光子16の透過軸が矢印Pで示され、検光子18の透過軸が矢印Qで示される。偏光子16の透過軸P及び検光子18の透過軸Qはラビング方向R_i、R_oに対してほぼ45度の角度を形成するように配置されている。

【0029】さらに詳細には、配向膜22、26のラビング方向R_i、R_oが水平に対してほぼ45度の方向となっている。この方向にラビングすることにより、両基板12、14の中間部に位置する液晶分子がツイスト時に矢印P又はQに平行な方向(図2及び図3の紙面に平行な方向)に倒れるようになり、その結果、上下方向から見た視角特性は白っぽくなったり、黒っぽくなったりするが、横方向から見た視角特性は概ね良好であり、表示装置としてはこの配置が好ましい。そして、上下方向から見た視角特性は上記画素分割によりさらに改善する。そして、このラビング方向R_i、R_oに対して、偏光子16及び検光子18の透過軸P、Qが水平及び垂直、又は垂直又は水平の方向となっている。これは上記視角特性に合わせた配置である。

【0030】上記構成においては、偏光子16の透過軸P及び検光子18の透過軸Qはラビング方向R_i、R_oに対してほぼ45度の角度を形成するように配置されており、これは偏光子16の透過軸P及び検光子18の透過軸Qが両基板12、14の間の中間部に位置する液晶分子の配列と平行又は直交するように配置されていることと同じである。なお、透過軸P、Qはラビング方向R_i、R_oに対して45度±5度の範囲にあれば、本発明において有効である。

【0031】図5は図1から図3の液晶表示パネルの視角特性を印加電圧に対する透過光強度で示す図である。法線方向から見た視角特性は、印加電圧の上昇とともに透過光強度が上昇し、印加電圧の制御により良好なコントラストを得ることができることを示している。一方、法線方向に対して上又は下方向40度で見た視角特性も、印加電圧の上昇とともに透過光強度が上昇し、印加電圧の制御により良好なコントラストを得ることができることを示している。なお、画素分割により、上方向及び下方向の視角特性は同じである。

【0032】図6は同様に斜め上方向(すなわち、パネルの略対角線方向)から見た視角特性を示す図である。図6に示されるように、偏光子16の透過軸P及び検光子18の透過軸Qをラビング方向R_i、R_oに対してほぼ45度の角度を形成するように配置すると、斜め上方向の視角特性は多少問題になる。

【0033】これを改善するためには、図7に示されるように、厚さ方向に負の複屈折異方性を有するフィルム40を付加するのが好ましい。このフィルム40は光射出側の基板14と検光子18との間に配置されている。図8は一般的にモデル化して示される屈折率の楕円体を示す図である。フィルム40の平面40P内にX、Y軸を取り、フィルム40の厚さ方向にZ軸を取り、それぞれの軸方向の屈折率を n_x 、 n_y 、 n_z とすると、複屈折率 $\Delta n'$ は、 $\Delta n' = (n_x + n_y) / 2 - n_z$ である。ただし、この場合には、 $n_x = n_y$ であり、 $\Delta n' = n_x - n_z$ である。フィルム40の厚さをdとすると、異方性の大きさをあらわすリターデーション R' は、 $R' = \Delta n' d$ である。

【0034】図9はフィルム40の種々のリターデーション R' に対してとった図7の液晶表示パネルの斜め視角のコントラスト比を示す図である。図9から、100～500nmのリターデーション R' をもったフィルム40を使用すれば、斜め視角特性を改善できることが分かった。なお、上下方向及び横方向の視角特性はフィルム40を付加しても変わらない。

【0035】図13から図15は、本発明による液晶表示パネルの別の実施例を示す図である。この液晶表示パネルも垂直配向型のTN液晶表示パネルであり、液晶10を封入した一対の透明な基板12、14と、これらの基板12、14の外側に配置された偏光子16及び検光子18とからなる。一方の基板12の内面には透明電極20及び垂直配向膜22が設けられ、もう一方の基板14の内面には透明電極24及び垂直配向膜26が設けられる。透明電極20、24のうちの一方は、画素電極であり、且つ他方は共通電極である。画素電極はアクティブマトリクスによって駆動される。

【0036】この液晶表示パネルは、配向分割の方法が前記実施例とは異なっている。図13から図15は図1から図3と同様に表示画面のうちの1画素分に相当する微小な領域を示しており、この微小な領域が視角特性の180度異なるドメインA、Bに分割されている。前記実施例においては、垂直配向膜22、26はそれぞれ一定の方向にラビングされ、ドメインA、Bに対応する微小な領域でプレチルト α_1 、 α_2 を変化させ、そして垂直配向膜22、26のプレチルト α_1 、 α_2 の異なる微小な領域を対向させていた。

【0037】この実施例においては、垂直配向膜22、26の各々がドメインA、Bに対応する微小な領域毎に逆方向にラビングされている。つまり、垂直配向膜22のドメインAにおいては R_{ia} の方向にラビングが行われ、垂直配向膜22のドメインBにおいては R_{ib} の方向にラビングが行われる。同様に、垂直配向膜26のドメインAにおいては R_{oa} の方向にラビングが行われ、垂直配向膜26のドメインBにおいては R_{ob} の方向にラビングが行われる。このような配向分割は例えばフォ

トリソ技術によるマスクを使用して一回目のラビングを行い、そして相補的な開口部を有する別のマスクを使用して二回目のラビングを行うことによって達成できる。

【0038】従って、図14及び図15に示されるように、液晶分子はドメインA及びドメインBにおいてはそれぞれ一定の方向に傾いて配向するが、ドメインAの傾き方向とドメインBの傾き方向とは逆であり、表示を見るときに視角特性は逆になる。例えばドメインAについて、法線方向よりも上方向から見る場合には白っぽく見え、下方向から見る場合には黒っぽく見えるとすると、逆にドメインBについては、法線方向よりも上方向から見る場合には黒っぽく見え、下方向から見る場合には白っぽく見えるようになる。このように、1画素に相当する微小な領域が視角特性の180度異なるドメインA、Bに分割されているので、この微小な単位領域は両方の視角特性を平均した視角特性を示すようになり、視角特性が改善される。

【0039】また、偏光子16の透過軸P及び検光子18の透過軸Qはラビング方向 R_{ia} 、 R_{ib} 、 R_{oa} 、 R_{ob} に対してほぼ45度の角度を形成するように配置されている。配向膜22、26のラビング方向 R_{ia} 、 R_{ib} 、 R_{oa} 、 R_{ob} は前記実施例と同様に水平に対してほぼ45度の方向となっており、偏光子16及び検光子18の透過軸P、Qは水平及び垂直、又は垂直又は水平の方向となっている。従って、この場合にも、前記実施例と同様に、偏光子16の透過軸P及び検光子18の透過軸Qが両基板12、14の間の中間部に位置する液晶分子の配列と平行又は直交するように配置されていることと同じである。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、コントラスト及び視角特性の優れた垂直配向型のTN液晶表示パネルを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す図である。

【図2】図1の偏光子及び検光子を除いた液晶表示パネルの断面図である。

【図3】図2の液晶表示パネルの電圧印加時を示す図である。

【図4】配向膜への紫外線照射時間とプレチルト角との関係を示す図である。

【図5】図1の液晶表示パネルの視角特性を示す図である。

【図6】図1の液晶表示パネルの斜め視角特性を示す図である。

【図7】本発明の別の実施例を示す図である。

【図8】屈折率の楕円体を示す図である。

【図9】図7の液晶表示パネルのコントラスト比を示す図である。

【図10】従来の垂直配向型TN液晶表示パネルを示す

図である。

【図11】図10の液晶表示パネルの電圧印加時を示す図である。

【図12】図10の液晶表示パネルの視角特性を示す図である。

【図13】本発明の2方向ラビングによる実施例を示す図である。

【図14】図13の偏光子及び検光子を除いた液晶表示パネルの断面図である。

【図15】図14の液晶表示パネルの電圧印加時を示す

図である。

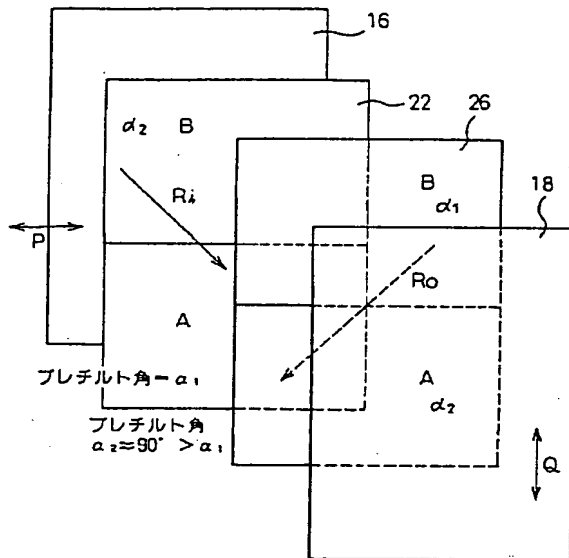
【図16】配向膜への紫外線照射時間とプレチルト角との図4とは別の関係を示す図である。

【符号の説明】

- 10…液晶
- 12、14…基板
- 16…偏光子
- 18…検光子
- 22、26…垂直配向膜
- 40…フィルム

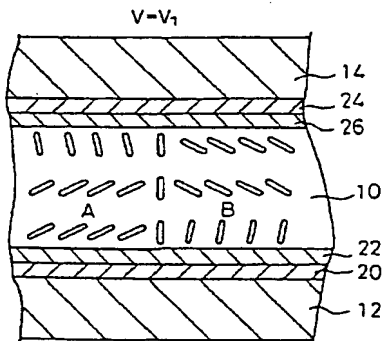
【図1】

本発明の実施例を示す図



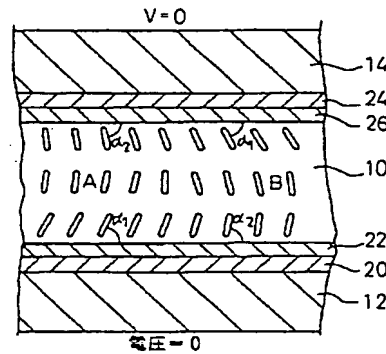
【図3】

図2のパネルの電圧印加時を示す図



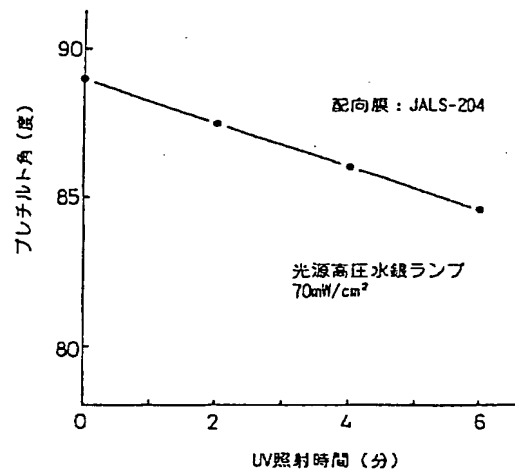
【図2】

図1の液晶表示パネルの断面図

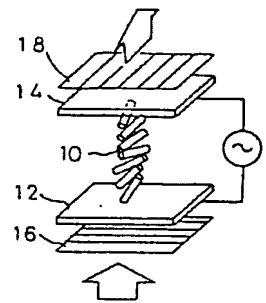


【図4】

UV照射時間とプレチルト角との関係を示す図

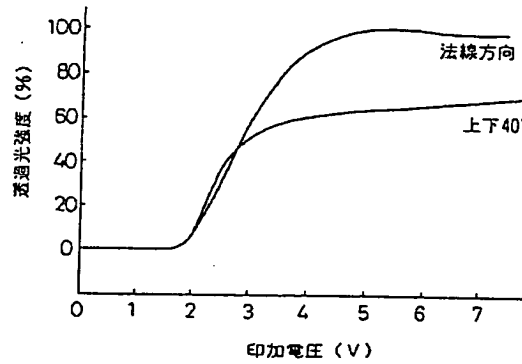


【図11】



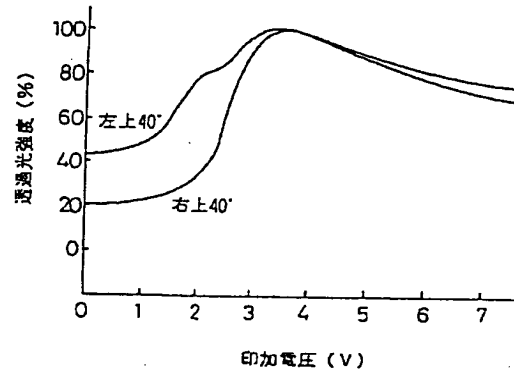
【図5】

図1のパネルの視角特性を示す図



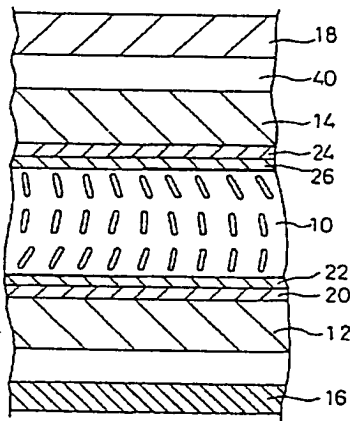
【図6】

図1のパネルの斜め視角特性を示す図

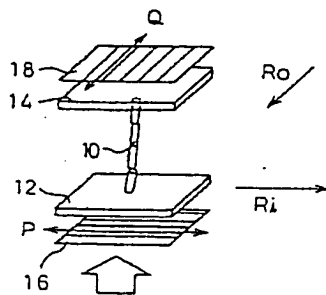


【図7】

本発明の別の実施例を示す図

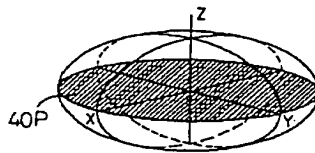


【図10】



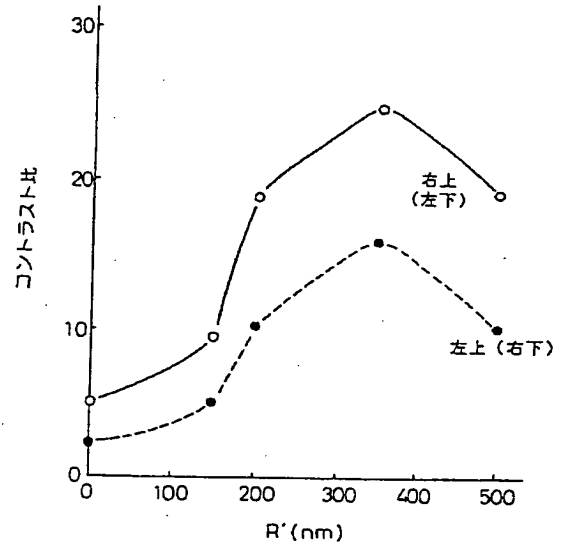
【図8】

屈折率の楕円体を示す図

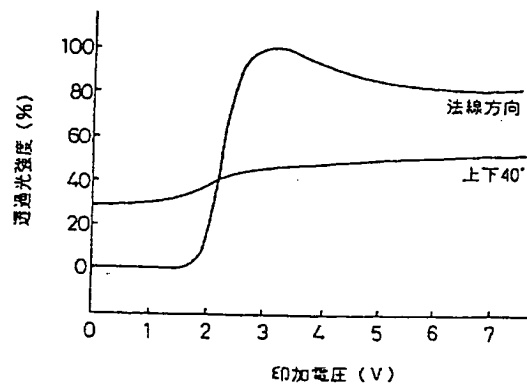


【図9】

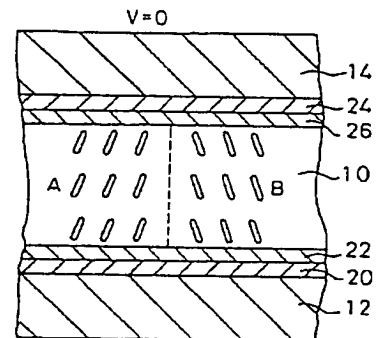
図7のパネルのコントラスト比を示す図



【図12】

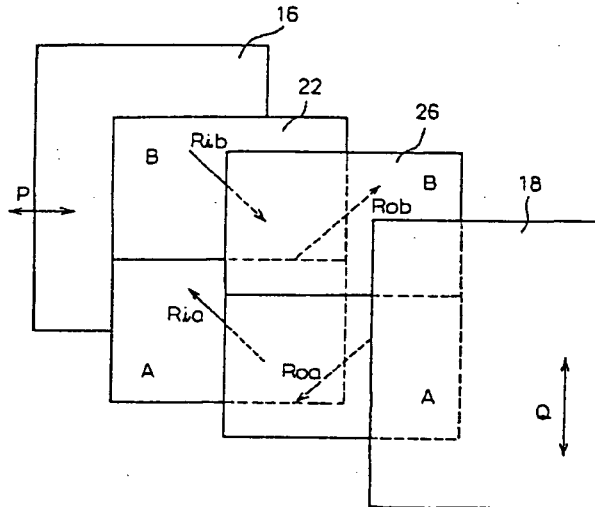


【図14】

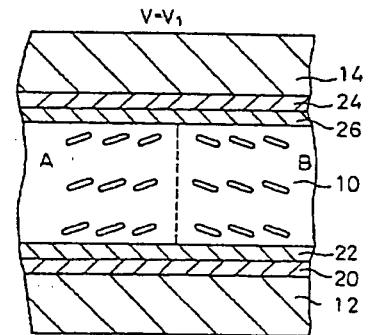


【図13】

2方向ラビングによる実施例



【図15】



【図16】

